

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-145717

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 D 5/24

G 0 1 R 27/26

C

G 0 1 D 5/24

G

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-292859

(22) 出願日 平成6年(1994)11月28日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 岡田 博之

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

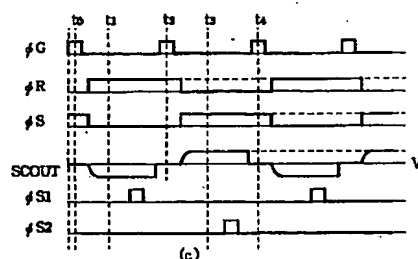
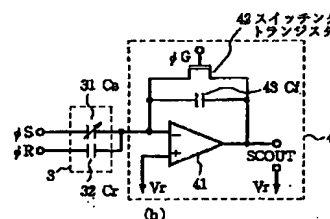
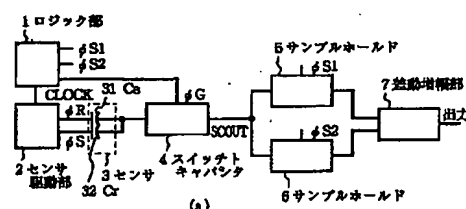
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 容量型センサの容量変化検出回路およびその検出方法

(57) 【要約】

【目的】容量型センサの容量変化検出回路を構成するアンプやスイッチングトランジスタの影響を除去することによって周囲温度の影響を受けることなく極めて安定に容量差を検出することにある。

【構成】ロジック部1、センサを駆動するセンサ駆動部2、センサ部3、スイッチトキャパシタ部4、サンプルホールド部5および6、および差動増幅部7を含み、センサ容量の駆動信号 $\phi R$ および $\phi S$ がそれぞれハイレベルからロウレベルとローレベルからハイレベルとの両方に切り替わる直前に、リセット信号 $\phi G$ を用いてスイッチトキャパシタ部4の帰還容量 $C_f$ のリセットを行うことにより、サンプルホールド部5および6までの回路に混入する同相ノイズ、オフセット、オフセットの温度ドリフトは帰還増幅器41で相殺される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定のセンサが検出対象の物理現象を静電容量の容量値の変動としてとらえ、その容量値の差をスイッチトキャパシタ部により電気信号に変換する容量型センサの容量変化検出回路において、相互の位相差90度の出力信号をもつ第1および第2のサンプルホールド部が、前記スイッチトキャパシタ部の出力信号をそれぞれサンプリングしたのちに、それぞれの前記サンプリング結果の差をもとめて前記電気信号を得るようにした検出手段を有することを特徴とする容量型センサの容量変化検出回路。

【請求項2】 前記検出手段は、前記スイッチトキャパシタ部の一方レベルの出力信号を第1のサンプリング制御信号にตอบสนองしてサンプリング出力する第1のサンプルホールド部と、前記スイッチトキャパシタ部の他方レベルの出力信号を第2のサンプリング制御信号にตอบสนองしてサンプリング出力する第2のサンプルホールド部とを有し、これら第1および第2のサンプルホールド部の保持出力がそれぞれ差動増幅部に供給され、かつ差動増幅されることによって前記電気信号が生成されるようにしたことを特徴とする請求項1記載の容量型センサの容量変化検出回路。

【請求項3】 前記スイッチトキャパシタ部が、第1のセンサ駆動信号で駆動され前記検出対象の変化容量を蓄積するセンサ容量素子と、第2のセンサ駆動信号で駆動され前記センサ容量素子の容量値との差をとるための基準容量となる参照容量素子と、一方の入力端子に前記センサ容量素子および前記参照容量素子の各一方端が共通接続されかつ出力端子から帰還容量素子と帰還制御スイッチとがそれぞれ並列接続状態で接続されるとともに他方の入力端子があらかじめ定めた基準電位に接続された帰還増幅器とを有し、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅器をアクティブにする第1のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベル、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルの所定期間だけ前記帰還増幅器をインアクティブにする第2のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ遷移するタイミング直前の所定期間だけ前記帰還増幅器をアクティブにする第3のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベル、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルの所定期間だけ前記帰還増幅器をインアクティブにする第4のリセット期間とをあらかじめ定めた所定の周期で繰り返すリセット信号が前記帰還制御スイッチに供給されて、前記帰還増幅器が前記センサ容量素子および前記参照容量素子の容量値を加算するようにしたことを特徴とする請求項1記載の容量型センサの容量変化検出回路。

【請求項4】 前記スイッチトキャパシタ部の出力を増幅する利得増幅部を有し、この増幅部で所定のレベルに増幅された前記一方レベルおよび前記他方レベルの信号が、前記第1および前記第2のサンプルホールド部にそれぞれ供給されることを特徴とする請求項1記載の容量型センサの容量変化検出回路。

【請求項5】 低周波帯域の雑音を除去するハイパスフィルタを有し、このハイパスフィルタを用いて低周波帯域ノイズが除去された前記利得増幅部出力の前記一方レベルおよび他方レベルの信号が、前記第1および前記第2のサンプルホールド部にそれぞれ供給されることを特徴とする請求項4記載の容量型センサの容量変化検出回路。

【請求項6】 所定のセンサが検出対象の物理現象を静電容量の容量値の変動としてとらえ、その容量値の差をスイッチトキャパシタ部により電気信号に変換する容量型センサの容量変化検出方法において、相互の位相差90度の出力信号をもつ第1および第2のサンプルホールド部が、前記スイッチトキャパシタ部の出力信号をそれぞれサンプリングしたのちに、検出手段によりそれぞれの前記サンプリング結果の差をもとめて前記電気信号を得るようにし、前記スイッチトキャパシタ部が、第1のセンサ駆動信号で駆動され前記検出対象の変化容量を蓄積するセンサ容量素子の容量値と、第2のセンサ駆動信号で駆動され前記センサ容量素子の容量値との差をとるための基準容量となる参照容量素子の容量値とを帰還増幅手段により加算し、前記帰還増幅手段が前記センサ容量素子および前記参照容量素子の容量値を加算するとき；前記第1のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅手段をアクティブにする第1のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベル、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルの所定期間だけ前記帰還増幅手段をインアクティブにする第2のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅手段をアクティブにする第3のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベル、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルの所定期間だけ前記帰還増幅手段をインアクティブにする第4のリセット期間とをあらかじめ定めた所定の周期で繰り返すリセット信号を前記帰還増幅手段の帰還制御スイッチに供給することによって前記加算が実行されるようにしたことを特徴とする容量型センサの容量変化検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、物理量を微小な容量変化で検出するセンサの信号処理回路における容量型セン

サの容量変化検出回路およびその検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】圧力、加速度などの物理現象を容量値の変動としてとらえ、その変動量を電気信号に変換する回路の代表的な一例が、1983年の"IEEE Custom Circuit Conf."の論文集の380頁から384頁に記載されたワイ・イー・パーク(Y. E. Park)等による論文"An MOS switched-capacitive readout amplifier for capacitive pressure sensors"に記載されている。

【0003】この論文に記載された回路は、容量型圧力センサの読出回路として使用されており、室温で1fcの分解能を持っている。この回路の動作原理の回路図を示した図5(a)とその動作説明用のタイムチャートを示した図5(b)参照すると、この回路は、クロックジェネレータ10と、センサ3と、入力端(-)および出力端(+)の間に帰還制御スイッチ(以下、スイッチングトランジスタと称す)42および帰還容量素子43がそれぞれ並列接続されかつ入力端(+)が基準電圧 $V_r$ の電位にそれぞれ接続された演算増幅器(以下、帰還増幅器と称す)41とを備え、クロックジェネレータ10の出力端がインバータ11a, 11b, 11cを介してセンサ3の容量素子31の一方端に、インバータ11cの出力端がセンサ3の容量素子32の一方端にそれぞれ接続される。容量素子31および32の各他方端は帰還増幅器41の(-)端子に接続され、帰還増幅器41の出力端は端子SCOUTに接続されるとともに、クロックジェネレータ10の出力端はスイッチングトランジスタ42のゲート電極に接続されて構成され、入力端(-)に接続された各配線には寄生容量 $C_{p13}$ が接地電位との間に存在する。

【0004】ここで、センサ容量素子31の容量 $C_s$ は圧力に応じて変化する変動容量で、ここではセンサ容量 $C_s$ を表わし、センサ容量素子32の容量 $C_r$ が基準となる参照容量であり(以下、センサ容量素子32を参照容量素子32と称す)、センサ3は圧力に応じてセンサ容量 $C_s$ が参照容量 $C_r$ から変動した量、すなわち容量 $V_{scout} = V_p(C_s - C_r) / C_f$ .....(1)

で表わされる。

【0013】この(1)式から分るように、この回路の特徴は出力が寄生容量 $C_{p13}$ を含まないため、帰還増幅器41の入力側に浮遊する寄生容量 $C_{p13}$ に依存しないので、周囲温度による寄生容量の変動が影響しない点である。従って、この回路を用いることにより微小な容量変化検出を安定に行うことができる。

【0014】

$$V_{out} = (V_p(C_s - C_r) + Q_d) / C_f \dots \dots \dots (2)$$

この(2)式から分るように、スイッチングトランジスタ42から放出される電荷 $Q_d$ はオフセットとして表わ

差( $C_s - C_r$ )を生じる。

【0005】上述した構成に従い、クロックジェネレータ10から供給されるクロック信号がインバータ11a, 11b, 11cおよびインバータ12を介してセンサ容量素子31、参照容量素子32に供給され、このセンサ3の容量差出力が、スイッチングトランジスタ42と帰還容量素子43とを接続した帰還増幅器41に供給される。

【0006】図5(b)を併せて参照すると、時刻 $t = t_0$ の時、参照容量素子32およびセンサ容量素子31の両端にそれぞれ電荷 $Q_r = (\text{参照容量 } C_r \times (\text{センサ駆動電圧 } V_p - \text{基準電圧 } V_r))$ 、 $Q_s = (\text{参照容量 } C_s) \times (-\text{基準電圧 } V_r)$ が蓄積される。従って、2つの容量に蓄積されたる電荷 $Q_t$ は、 $C_r(V_p - V_r) - C_s V_r$ となる。

【0007】次に、時刻 $t = t_1$ で、Reset(リセット)信号 $\phi_G$ がロウレベルとなってスイッチングトランジスタ42がターンオフし、帰還増幅器41の入出力が直流的に開放状態となる。

【0008】時刻 $t = t_2$ では、リセット信号 $\phi_G$ がロウレベルのまま参照容量素子32およびセンサ容量素子31の両端にそれぞれ電荷 $Q_r = (\text{参照容量 } C_r) \times (-\text{基準電圧 } V_r)$ 、 $Q_s = (\text{参照容量 } C_s) \times (\text{センサ駆動電圧 } V_p - \text{基準電圧 } V_r)$ が蓄積される。

【0009】従って、2つの容量に接続される電荷 $Q_{t'}$ は、 $-V_r C_r + C_s(V_p - V_r)$ となるが、帰還増幅器41の入出力が開放状態にあるので、電荷 $Q_0 = Q_t - Q_{t'} = -V_p(C_s - C_r)$ が帰還容量素子13に蓄積される。

【0010】結局、帰還増幅器41の出力SCOUTに現われる出力電圧 $V_{scout}$ は帰還容量素子13に電荷 $Q_0$ が蓄積される電位 $V_{scout} = -(\text{電荷 } Q_0) / (\text{帰還容量 } C_f)$ で安定する。

【0011】つぎに、時刻 $t = t_3$ で、リセット信号 $\phi_G$ がハイレベルとなって帰還増幅器41にリセットがかり、また同様な動作を繰り返す。

【0012】以上の動作関係から、本回路は、振幅 $V_{scout}$ の矩形波を出力し、その値は、

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の容量変化検出回路は、スイッチングトランジスタ42がオンからオフに切り換わる時( $t = t_1$ )、このトランジスタのゲート電極に蓄積された電荷 $Q_d$ が放出される。この電荷 $Q_d$ を考慮すると、センサ3および帰還増幅器41からなるスイッチトキャパシタ部の出力 $V_{out}$ は次式のように表わされる。

【0015】

れてしまう。

【0016】また、この電荷量は温度、形状、ゲート電

圧、ドレインソース間電圧の関数で表わされるため、制御することが極めて困難であり、オフセット電圧の温度ドリフトを生じる原因になる。

【0017】さらに、帰還増幅器41のオフセット電圧および温度ドリフトもスイッチトキャパシタ回路の出力に表われるため、スイッチトキャパシタ部の出力を増幅し、後段で復調してもオフセット電圧の温度ドリフトは除去することができないという欠点があった。

【0018】本発明の目的は、上述した欠点に鑑みなされたものであり、容量変化検出回路を構成する帰還増幅器およびその帰還制御用スイッチングドラジスタのオフセット電圧および温度ドリフトの影響を除去することにより、周囲温度の影響を受けることなく極めて安定に容量差を検出する信頼性の高い容量型センサの容量変化検出回路およびその検出方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の容量型センサの容量変化検出回路の特徴は、所定のセンサが検出対象の物理現象を静電容量の容量値の変動としてとらえ、その容量値の差をスイッチトキャパシタ部により電気信号に変換する容量型センサの容量変化検出回路において、相互の位相差90度の出力信号をもつ第1および第2のサンプルホールド部が、前記スイッチトキャパシタ部の出力信号をそれぞれサンプリングしたのちに、それぞれの前記サンプリング結果の差をもとめて前記電気信号を得るようにした検出手段を有することにある。

【0020】また、前記検出手段は、前記スイッチトキャパシタ部の一方レベルの出力信号を第1のサンプリング制御信号にตอบสนองしてサンプリング出力する第1のサンプルホールド部と、前記スイッチトキャパシタ部の他方レベルの出力信号を第2のサンプリング制御信号にตอบสนองしてサンプリング出力する第2のサンプルホールド部とを有し、これら第1および第2のサンプルホールド部の保持出力がそれぞれ差動増幅部に供給され、かつ差動増幅されることによって前記電気信号が出力されるようにすることができる。

【0021】さらに、前記スイッチトキャパシタ部が、第1のセンサ駆動信号で駆動され前記検出対象の変化容量を蓄積するセンサ容量素子と、第2のセンサ駆動信号で駆動され前記センサ容量素子の容量値との差をとるための基準容量となる参照容量素子と、一方の入力端子に前記センサ容量素子および前記参照容量素子の各一方端が共通接続されかつ出力端子から帰還容量素子と帰還制御スイッチとがそれぞれ並列接続状態で接続されるとともに他方の入力端子があらかじめ定めた基準電位に接続された帰還増幅器とを有し、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅器をアクティブにする第1のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイ

レベル、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルの所定期間だけ前記帰還増幅器をインアクティブにする第2のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ遷移するタイミング直前の所定期間だけ前記帰還増幅器をアクティブにする第3のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベル、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルの所定期間だけ前記帰還増幅器をインアクティブにする第4のリセット期間とをあらかじめ定めた所定の周期で繰り返すリセット信号が前記帰還制御スイッチに供給されて、前記帰還増幅器が前記センサ容量素子および前記参照容量素子の容量値を加算するようにしてもよい。

【0022】さらにまた、前記スイッチトキャパシタ部の出力を増幅する利得増幅部を有し、この増幅部で所定のレベルに増幅された前記一方レベルおよび前記他方レベルの信号が、前記第1および前記第2のサンプルホールド部にそれぞれ供給されてもよい。

【0023】また、低周波帯域の雑音を除去するハイパスフィルタを有し、このハイパスフィルタを用いて低周波帯域ノイズが除去された前記利得増幅部出力の前記一方レベルおよび他方レベルの信号が、前記第1および前記第2のサンプルホールド部にそれぞれ供給されることもできる。

【0024】本発明の容量型センサの容量変化検出方法の特徴は、所定のセンサが検出対象の物理現象を静電容量の容量値の変動としてとらえ、その容量値の差をスイッチトキャパシタ部により電気信号に変換する容量型センサの容量変化検出方法において、相互の位相差90度の出力信号をもつ第1および第2のサンプルホールド部が、前記スイッチトキャパシタ部の出力信号をそれぞれサンプリングしたのちに、検出手段によりそれぞれの前記サンプリング結果の差をもとめて前記電気信号を得るようにし、前記スイッチトキャパシタ部が、第1のセンサ駆動信号で駆動され前記検出対象の変化容量を蓄積するセンサ容量素子の容量値と、第2のセンサ駆動信号で駆動され前記センサ容量素子の容量値との差をとるための基準容量となる参照容量素子の容量値とを帰還増幅手段により加算し、前記帰還増幅手段が前記センサ容量素子および前記参照容量素子の容量値を加算するときに；前記第1のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅手段をアクティブにする第1のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベル、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルの所定期間だけ前記帰還増幅手段をインアクティブにする第2のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がハイレベルからロウレベルへ、前記第2のセンサ駆動信号がロウレベルからハイレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ前記帰還増幅手段

をアクティブにする第3のリセット期間と、前記第1のセンサ駆動信号がロウレベル、前記第2のセンサ駆動信号がハイレベルの所定時間だけ前記帰還増幅手段をインアクティブにする第4のリセット期間とをあらかじめ定めた所定の周期で繰り返すリセット信号を前記帰還増幅手段の帰還制御スイッチに供給することによって前記加算が実行されるようにしたことにある。

【0025】

【作用】本発明による容量型センサの容量変化検出回路の構成とその容量変化検出方法とを用いることにより、センサ駆動部からサンプルホールド部までの経路に混入する同相ノイズ、オフセット電圧、オフセット電圧の温度ドリフトは、サンプルホールド部の後に挿入される差動増幅部で相殺することができる。

【0026】

【実施例】図1(a)は本発明の第1の実施例を示すブロック図であり、図1(b)はそのブロック図で用いられるスイッチトキャパシタ部の回路図である。さらに図1(c)は同図(a)および(b)のブロック図および回路図における動作説明用のタイミングチャートである。

【0027】図1(a)および(b)を参照すると、本発明による容量変化検出回路は、ロジック部1とセンサを駆動するセンサ駆動部2とセンサ3とスイッチトキャパシタ部4とサンプルホールド部5および6と、差動増幅部7とを有し、ロジック部1のclock端子

$$V_{scout} = V_r + V_{off} \dots (3)$$

になる。

【0031】次に、リセット信号φGがハイレベルからロウレベルに切り換わり、スイッチトキャパシタ部4の帰還部であるスイッチングトランジスタ42が開放になる。

【0032】この切り換わりのタイミングでは、センサ駆動信号φRはまだロウレベル、センサ駆動信号φSは

$$V_{scout} = V_r + V_{off} + V_d \dots (4)$$

となる。

【0033】次に、 $t = t_1$ の時、リセット信号φGがロウレベル、センサ駆動信号φSがロウレベル、センサ駆動信号φRがハイレベル（振幅 $V_p$ ）であるから、セ

$$Q_o = (C_s - C_r) V_p \dots (5)$$

この電荷 $Q_o$ によってスイッチトキャパシタ部4から次式で示す出力が得られ、サンプルホールド部5で保持さ

$$\begin{aligned} V_{scout} &= -(C_s - C_r) V_p / C_f + V_r + V_{off} + V_d \\ &= V_{SH1} \dots (6) \end{aligned}$$

この(6)式で示す出力電圧がサンプルホールド部5に出力されている期間内においてサブリング信号φS1はハイレベルとなるので、サンプルホールド部5は上式で示す出力電圧 $V_{SH1}$ を保持する。

【0035】次に、時刻 $t = t_2$ の時は、リセット信号φGがハイレベルであるからスイッチングトランジスタ

がセンサ駆動部2の入力端子に接続され、センサ駆動部2のセンサ駆動信号φR出力端がセンサ部2のセンサ容量素子31の一端に、センサ駆動信号φS出力端がセンサ部2の参照容量素子32の一端にそれぞれ接続され、センサ容量素子31および参照容量素子32の他端はそれぞれスイッチトキャパシタ部4の帰還増幅器41の入力端(−)に共通接続され、かつ入力端(−)と出力端間には帰還容量素子43およびスイッチングトランジスタ42が並列接続で挿入され、入力端(+)は基準電圧 $V_r$ の電位に接続される。

【0028】スイッチトキャパシタ部4の出力端はサンプルホールド部5および6に接続され、それぞれの出力端は差動増幅部7の差動入力端に接続され、この差動増幅部7の出力端から容量変化検出信号が取り出されるように構成されている。

【0029】ここで、センサ容量素子31、参照容量素子32は加速度、圧力等の力学的なエネルギーによって容量が変化するセンサを表している。

【0030】図1(a)および(b)に併せて図1(c)を参照すると、時刻 $t = t_0$ の時、リセット信号φGがハイレベルの期間だけスイッチングトランジスタ42が導通してスイッチトキャパシタ部4の帰還部がショートされ、センサ駆動信号φRがロウレベルであるから、基準電圧 $V_r$ および帰還増幅器41のオフセット電圧 $V_{off}$ の電圧だけとなり、スイッチトキャパシタ部4の出力 $V_{scout}$ は、

ハイレベルを維持しており、スイッチングトランジスタ42からは帰還増幅器41の入力側へ蓄積電荷 $Q_d$ が放出されるので、この蓄積電荷 $Q_d$ による電圧 $V_d$ と基準電圧 $V_r$ と帰還増幅器41のオフセット電圧 $V_{off}$ とを合わせた電圧だけとなり、スイッチトキャパシタ部4の出力 $V_{scout}$ は、

センサを構成するセンサ容量素子31および参照容量素子32から次式で示す電荷 $Q_o$ が放出される。前述したようにセンサ容量素子31の容量を $C_s$ 、参照容量素子32の容量を $C_r$ とすると、

れる。

【0034】

42が導通してショートし、 $t = t_0$ の時と同様にスイッチトキャパシタ部4はリセットされスイッチトキャパシタ部4の出力 $V_{scout}$ は(3)式と同じように $V_r + V_{off}$ が出力される。

【0036】次に、時刻 $t = t_3$ では、リセット信号φGがロウレベル、センサ駆動信号φRはロウレベル、セ

ンサ駆動信号φSはハイレベルで、これらセンサの駆動信号が $t = t_1$ の時と逆相になるからスイッチトキャパ

$$V_{scout} = (C_s - C_r) V_p / C_f + V_r + V_{off} + V_d \\ = V_{SH2} \dots \dots \dots (7)$$

また、この(7)式で示す出力電圧がサンプルホールド部6に出力されている期間内でサブリング信号φS2はハイレベルとなるので、サンプルホールド部6は上式で示す出力電圧 $V_{SH2}$ を保持する。

【0038】一方、差動増幅部7は2つのサンプルホールド部5および6から出力された信号電圧の減算を行い、出力 $V_{out}$ は次式のようになる。

$$V_{out} = V_{SH1} - V_{SH2} \\ = -2(C_r - C_r) V_p / C_f \dots \dots \dots (8)$$

(8)式から分るように、差動増幅部7の出力に得られる信号はセンサ容量 $C_s$ 、参照容量 $C_r$ とセンサ駆動信号電圧 $V_p$ と帰還容量 $C_f$ だけで表わすことができるので、本実施例の回路構成を用いることによってスイッチトキャパシタ部4を構成するアンプやスイッチングトランジスタの影響を完全に除去することができる。

【0040】ここで、上述した図1(b)のタイミングパルスを実現するためのロジック部の一例を示した図2を参照すると、このロジック部1は公知の回路構成であり、クロック発振器101の出力をカウンタ102で所定の周波数に分周し、その一方の周波数の出力 $Q_c$ をシフトレジスタ104のクロック信号として供給する。

【0041】他方の周波数の出力 $Q_d$ は次段のカウンタ103で更に分周され、その出力 $Q_d$ がシフトレジスタ104のデータとして供給されてシフトされ、シフト結果のシフト出力 $Q_1 \sim Q_8$ は出力端 $Q_1 \sim Q_8$ からそれぞれ出力される。

【0042】出力 $Q_1$ と $Q_3$ とのEX-OR105で論理合成された結果と出力 $Q_8$ との論理積をAND108で演算してサブリング信号φS1をバッファ110を介して出力する。サブリング信号φS2は、EX-OR105で論理合成された結果と出力 $Q_8$ をインバータ107で反転した信号との論理積をAND109で演算して得られる。

【0043】リセット信号φGは、出力 $Q_4$ と $Q_7$ とのEX-OR105で論理合成された結果として得られ、バッファ110から出力される。

【0044】センサ駆動信号φRは、出力 $Q_8$ がそのまま用いられバッファ112から出力される。

【0045】センサ駆動信号φSは、出力 $Q_8$ をインバータ107で反転した信号が用いられバッファ113から出力される。

【0046】したがって、第1のセンサ信号φRがロウレベルからハイレベルへ、第2のセンサ信号φSがハイレベルからロウレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ帰還増幅器41をアクティブにする第1の期間を

シタ部の出力 $V_{scout}$ は次式のように表わされる。

【0037】

もつリセット信号φGと、第1のセンサ信号φRがハイレベル、第2のセンサ信号φSがロウレベルの所定期間だけ帰還増幅器41をインアクティブにする第2の期間をもつリセット信号φGと、第1のセンサ信号φRがハイレベルからロウレベルへ、第2のセンサ信号φSがロウレベルからハイレベルへ遷移するタイミング前の所定期間だけ帰還増幅器41をアクティブにする第3の期間をもつリセット信号φGと、第1のセンサ信号φRがロウレベル、第2のセンサ信号φSがハイレベルの所定期間だけ帰還増幅器41をインアクティブにする第4の期間をもつリセット信号φGが生成され、これら第1、第2、第3および第4の期間を一定の周期で繰り返すリセット信号φGが帰還制御スイッチ(スイッチングトランジスタ42)に供給される。これらの信号タイミングを用いることで、前述したように帰還増幅器41がセンサ容量 $C_s$ および参照容量 $C_r$ の容量値を加算することができる。

【0047】本発明は、さらに次に述べるような構成をとることもできる。

【0048】すなわち、第2の実施例のブロック図を示した図3を参照すると、第1の実施例との相違点は、サンプルホールド部5および6の前に利得増幅器8を挿入したことである。その他の構成要素は第1の実施例と同じであるからここではその説明は省略する。この構成によって用途にあわせた利得を得ることができる。

【0049】すなわち、図1(c)におけるスイッチトキャパシタ部4の出力 $SCOUT$ の基準電圧 $V_r$ を基準にして、その電圧 $V_r$ よりも低い電圧および高い電圧をそれぞれ所定の電圧レベルまで増幅し、それぞれレベルをサンプルホールド部5および6で保持するとともに差動増幅部7を介して出力するので、利得増幅器8を挿入しても第1の実施例と同様に、利得増幅器8のオフセットや温度ドリフトをも除去することができる。

【0050】さらに、第3の実施例のブロック図を示した図5を参照すると、第2の実施例との相違点は、利得増幅器8およびサンプルホールド部5および6の間にハイパスフィルタ(HPF)9を挿入したことである。その他の構成要素は第1の実施例と同じであるからここではその説明は省略する。この構成によってスイッチトキャパシタ部4の出力 $SCOUT$ の電圧をそれぞれ所定の電圧レベルまで増幅し、さらにHPF9によって所定の遮断数波数よりも高域の周波数のみを通過させた後、そのレベルをサンプルホールド部5および6で保持するとともに差動増幅部7を介して出力するので、利得増幅器8およびHPF9を挿入しても第2の実施例のように用途にあわせた利得を得ることができるだけでなく、さ

らにオフセット、温度ドリフトおよび低周波帯域のノイズを除去することも可能になる。

【0051】同様に、用途によってHPF 9に代えてローパスフィルタまたはバンドパスフィルタを挿入することによって、高周波帯域ノイズまたは高周波帯域と低周波帯域との両方におけるノイズ除去と、オフセットおよび温度ドリフトを除去することも当然可能である。

【0052】

【発明の効果】上述した本発明の容量型センサの容量変化検出回路およびその検出方法は、所定のセンサが検出対象の物理現象を静電容量の容量値の変動としてとらえ、その容量値の差をスイッチトキャパシタ部により電気信号に変換し、その信号を相互の位相差90度の出力信号をもつ第1および第2のサンプルホールド部でそれぞれサンプリングしたのちに、それぞれのサンプリング結果の差を求めて所望の電気信号を得るようにした検出手段を有するので、容量変化検出回路を構成する帰還増幅器およびその帰還制御用スイッチングトランジスタのオフセット電圧および温度ドリフトの影響を除去することができるため、周囲温度の影響を受けることなく極めて安定に容量差を検出する信頼性の高い容量型センサの容量変化検出回路を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) 本発明の第1の実施例における容量型センサの容量変化検出回路のブロック図である。

(b) 第1の実施例で用いるスイッチトキャパシタ部の回路図である。

(c) 第1の実施例の動作説明用のタイミングチャートである。

【図2】第1の実施例で用いるロジック部の一例を示す回路図である。

【図3】第2の実施例を示すブロック図である。

【図4】第3の実施例を示すブロック図である。

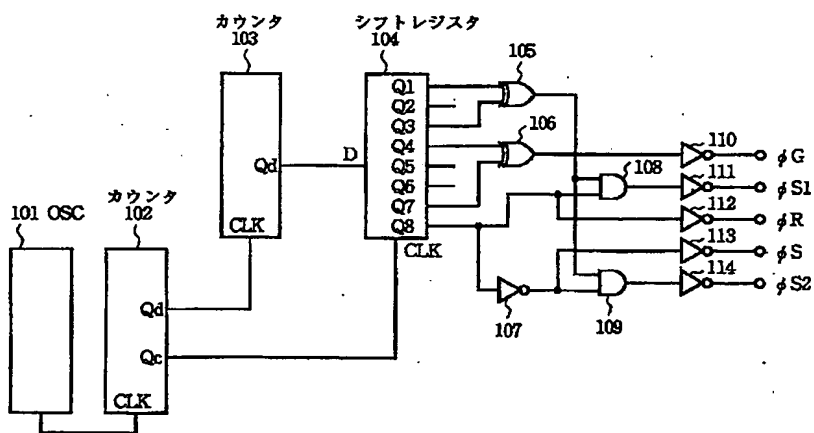
【図5】(a) 従来の容量変化検出回路の一例を示すブロック図である。

(b) その動作説明用のタイミングチャートである。

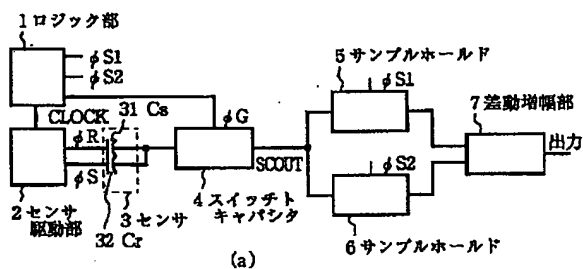
【符号の説明】

- 1     ロジック部
- 2     センサ駆動部
- 3     センサ部
- 4     スwitchトキャパシタ部
- 5, 6   サンプルホールド部
- 7     差動増幅部
- 8     利得増幅部
- 9     HPF
- 31    センサ容量素子
- 32    参照容量素子
- 41    帰還増幅器
- 42    スwitchトランジスタ (帰還制御スイッチ)
- 43    帰還容量素子
- 101   クロック発振器 (OSC)
- 102, 103   カウンタ
- 104   シフトレジスタ
- 105, 106   EX-OR
- 107   インバータ
- 108, 109   AND
- 110~114   バッファ

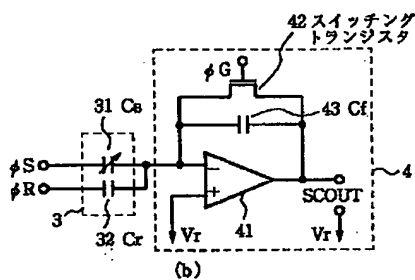
【図2】



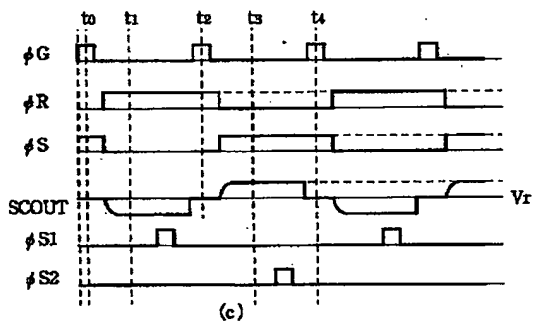
【図1】



(a)

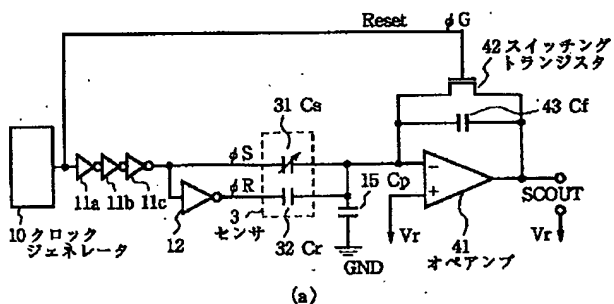


(b)

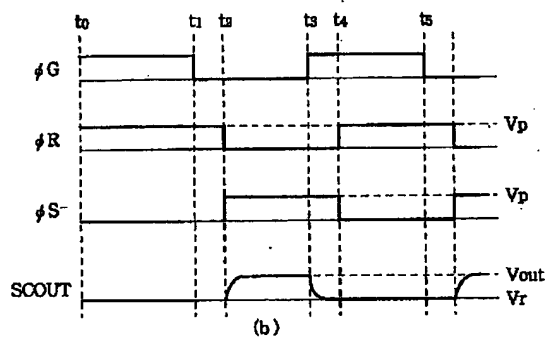


(c)

【図5】

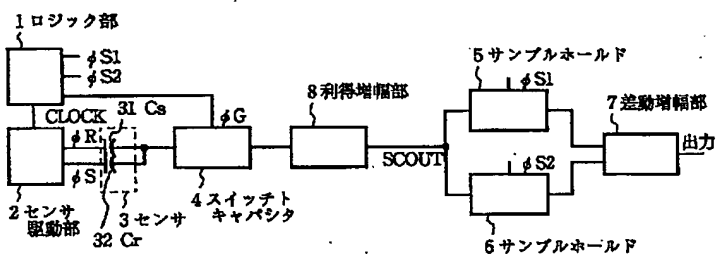


(a)



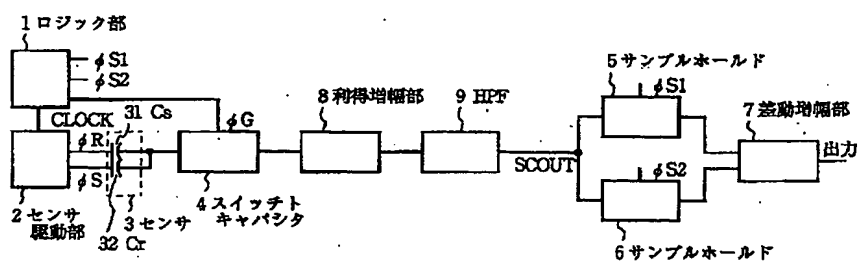
(b)

【図3】





【図4】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**